

AN: PAT 1994-250957

TI: Thermal treatment after welding of components of different alloy steel grades is carried out under optimal conditions to ensure retention of metallurgical structure, etc.

PN: EP610135-A1

PD: 10.08.1994

AB: A process is claimed for thermal treatment after the welding of two components of different grades of alloy steel. The first component (A) has critical transformation temperatures on heating AC1A and AC3A, and an optimal treatment temperature after welding theta-A below the critical transformation temperature AC1A. The second component (B) has critical transformation temperatures AC1B and AC3B each respectively lower than AC1A and AC3A, and an optimal treatment temperature after welding theta-B below both AC1B and theta-A. The thermal treatment process consists of a first thermal treatment cycle at temperature theta-A followed by a second thermal cycle at temperature theta-B. Between these two thermal cycles, the temperature is dropped below 1000 deg.C.; For stress relief and modification of the welded zone in cases where two alloy steel components of differing grades have been welded, such as, for example, in the rotors of turbines. The process ensures that each of the two grades of alloy steel are thermally treated at their optimal temperatures, thus ensuring that their metallurgical structure and characteristics are retained after the welding operation. The imposition of an intercritical treatment of the second alloy steel also confers excellent tenacity and very good ductility.

PA: (ENGE ) GEC ALSTHOM ELECTROMECANIQUE SA;

(ENGE ) GEC ALSTHOM SA;

IN: COMON J; HASSAN A;

FA: EP610135-A1 10.08.1994; DE69421198-E 25.11.1999;

FR2701272-A1 12.08.1994; US5407497-A 18.04.1995;

EP610135-B1 20.10.1999;

CO: CH; DE; EP; FR; GB; IT; LI; SE; US;

DR: CH; DE; FR; GB; IT; LI; SE;

IC: C21D-009/50;

MC: M23-J; M24-D02;

DC: M24;

PR: FR0001305 05.02.1993;

FP: 10.08.1994

UP: 25.11.1999

This Page Blank (uspto)



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑯ Int. Cl. 7:  
C 21 D 9/50

⑯ EP 0 610 135 B 1

⑯ DE 694 21 198 T 2

DE 694 21 198 T 2

⑯ Deutsches Aktenzeichen: 694 21 198.2  
 ⑯ Europäisches Aktenzeichen: 94 400 217.9  
 ⑯ Europäischer Anmeldetag: 2. 2. 1994  
 ⑯ Erstveröffentlichung durch das EPA: 10. 8. 1994  
 ⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: 20. 10. 1999  
 ⑯ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 25. 5. 2000

⑯ Unionspriorität: 9301305 05. 02. 1993 FR	⑯ Erfinder: Hassan, Alain, F-75010 Paris, FR; Comon, Jacques, F-75013 Paris, FR
⑯ Patentinhaber: GEC Alsthom Electromécanique S.A., Paris, FR	
⑯ Vertreter: Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188 Stuttgart	
⑯ Benannte Vertragstaaten: CH, DE, FR, GB, IT, LI, SE	
⑯ Wärmenachbehandlungsverfahren einer Schweißverbindung zwischen zwei verschiedenen legierten Stahlgegenständen	

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 694 21 198 T 2

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung nach dem Verschweißen von zwei unterschiedlich legierten Stahlteilen.

Es ist bekannt, daß nach dem Verschweißen von zwei Teilen aus legiertem Stahl im allgemeinen eine Wärmebehandlung, genannt Entspannungsbehandlung, vorgenommen wird.

Dieses Verfahren verfolgt ein doppeltes Ziel:

- Beseitigen oder wenigstens Vermindern der thermisch verursachten inneren Spannungen, die während des Auskühlens und der darauffolgenden Verfestigung der Schweißverbindung entstanden sind,
- Aufweichen des verschmolzenen Metalls und der benachbarten Bereiche des Grundmetalls, auf die gleichermaßen thermisch eingewirkt wird, um die Duktilität dieser Bereiche, welche im verschweißten Rohzustand nur sehr mäßig, zu verbessern.

Diese Wärmebehandlung besteht im allgemeinen aus einer einfachen Vergütung bei einer Temperatur, die etwas unterhalb der ersten kritischen Temperatur für die Wärmeumwandlung, genannt  $AC_1$ , liegt. Diese Temperatur, welche von der Beschaffenheit des die Schweißverbindung bildenden Stahles abhängt, liegt ungefähr zwischen 550 °C und 750 °C. Sie ist sorgfältig ausgewählt, so daß sie für eine effiziente Entspannung und Aufweichung ausreichend hoch liegt, ist dabei aber um die Eigenschaften des Grundmetalls nicht zu beeinträchtigen gleichwohl begrenzt, so daß vermieden wird, daß die Temperatur  $AC_1$  für den Beginn der Wärmeumwandlung überschritten, oder sogar die metallurgische Vergütungstemperatur erreicht wird, der die durch Verschweißung zu verbindenden Teile anfänglich unterlagen.

Es gibt folglich für jede Stahlsorte eine optimale Temperatur für die Wärmebehandlung nach dem Verschweißen.

Wenn man durch Verschweißen zwei Teile aus Stahl unterschiedlicher Sorte verbinden will, ist es ein schwieriges Problem die Behandlungstemperatur zu wählen. Bekanntermaßen wird als Behandlungstemperatur eine Temperatur verwendet, die zwischen den optimalen Temperaturen der beiden Stähle liegt, wobei diese dann für denjenigen Stahl, dessen optimale

Temperatur die schwächere ist, zu hoch liegt, oder aber, noch häufiger wird eine Temperatur verwendet, die dem der beiden Stähle entspricht, dessen optimale Temperatur die schwächere ist, wobei in diesem Fall die Temperatur für den anderen Stahl folglich zu tief liegt.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit ein neues Verfahren zur Wärmebehandlung nach dem Verschweißen von zwei unterschiedlich legierten Stahlteilen, wobei der erste Teil, genannt A, kritische Temperaturen  $AC_1A$  und  $AC_3A$  für die Wärmeumwandlung und eine optimale Temperatur für die Behandlung nach dem Verschweißen  $\Theta_A$ , die unterhalb von  $AC_1A$  liegt, aufweist, und der zweite Teil, genannt B, kritische Temperaturen für die Wärmeumwandlung  $AC_1B$  und  $AC_3B$ , die jeweils unterhalb von  $AC_1A$  und  $AC_3A$  liegen, und eine optimale Temperatur für die Behandlung nach dem Verschweißen  $\Theta_B$ , die unterhalb von  $AC_1B$  und von  $\Theta_A$  liegt, aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Wärmebehandlungszyklus bei der genannten Temperatur  $\Theta_A$ , gefolgt von einem zweiten thermischen Zyklus bei einer Temperatur  $\Theta_B$  erfolgt, wobei die Temperatur zwischen den beiden Zyklen auf unterhalb von 100°C abfällt.

Gemäß einer besonderen Ausführungsform übersteigt der genannte erste Wärmebehandlungszyklus bei der Temperatur  $\Theta_A$  die Temperatur  $AC_1B$ , wobei die gesamte Behandlung für das Material B folglich eine zwischenkritische Behandlung bildet.

Die Figuren 1 und 2 zeigen typische Diagramme des erfindungsgemäßen Behandlungsverfahrens.

Die Figur 3 zeigt als Beispiel eine schematische Teilansicht zweier verschweißter Teile des Rotors eines Turbotriebwerks, wobei die beiden verschweißten Teile jeweils aus unterschiedlich legiertem Stahl bestehen und als konkretes Beispiel für die Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens dienen.

In der Figur 1 sieht man gemäß einer besonderen Ausführungsform (zwischenkritische Behandlung) ein Diagramm der erfindungsgemäßen Wärmebehandlung. Dieses gleiche Diagramm ist in die Figur 2 übertragen. Man sieht, daß sich die Wärmebehandlung aus zwei Zyklen zusammensetzt: ein erster Zyklus bei der Temperatur  $\Theta_A$  und ein zweiter Zyklus bei der Temperatur  $\Theta_B$ .

In der Figur 1 sind die kritischen Temperaturen für den Beginn und das Ende der Wärmeumwandlung dargestellt:  $AC_1$  und  $AC_3$  für einen als A bezeichneten legierten Stahl. Diese beiden Temperaturen sind auch vermerkt:  $AC_1A$  und  $AC_3A$ .

In der Figur 2 sind die kritischen Temperaturen für den Beginn und das Ende der Wärmeumwandlung dargestellt:  $AC_1$  und  $AC_3$  für einen als B bezeichneten, zum vorherigen unterschiedlich legierten Stahl. Diese beiden Temperaturen sind auch vermerkt:  $AC_1B$  und  $AC_3B$ .

Die Temperatur  $\Theta_A$ , die unterhalb von  $AC_1A$  liegt, ist die optimale Behandlungstemperatur nach dem Verschweißen für den Stahl A.

Die Temperatur  $\Theta_B$ , die unterhalb von  $AC_1B$  und von  $\Theta_A$  liegt, ist die optimale Behandlungstemperatur nach dem Verschweißen für den Stahl B.

Indem man die beiden Figuren überlagert sieht man, daß  $AC_1B$  unterhalb von  $AC_1A$  liegt, und daß  $AC_3B$  unterhalb von  $AC_3A$  liegt.

Folglich besteht die Erfindung darin, diese zweifache Wärmebehandlung bei den Temperaturen  $\Theta_A$  und  $\Theta_B$  nach dem Verschweißen von zwei unterschiedlich legierten Stahlteilen, jeweils A und B, vorzunehmen, wobei die Temperatur zwischen den beiden Behandlungen bei den Temperaturen  $\Theta_A$  und  $\Theta_B$  auf unterhalb von 100 °C abfällt.

Folglich hat dieser zweifache Zyklus bei  $\Theta_A$  und  $\Theta_B$  für den Stahl A, siehe Figur 1, die gleiche Wirkung wie eine einfache Behandlung bei der Temperatur  $\Theta_A$ , welche der optimalen Temperatur der Wärmebehandlung nach dem Verschweißen für diesen Stahl entspricht, und der zweite Zyklus bei  $\Theta_B$  hat keine Wirkung.

Dagegen, für den Stahl B, siehe Figur 2, übersteigt der erste Zyklus bei  $\Theta_A$  die für diesen optimale Temperatur  $\Theta_B$ , wobei in dem gezeigten Beispiel die Temperatur  $\Theta_A$  sogar die Temperatur  $AC_1B$  übersteigt, d. h. daß während dieses Zyklus für diesen Stahl ein Beginn der Umwandlung in Austenit erfolgt. Während des darauf folgenden Auskühlens wird dieser stark gekohlte Austenit in hartes und zerbrechliches Abschreckmartensit umgewandelt. Während

des zweiten Zyklus bei der Temperatur  $\Theta_B$  (oder nahe  $\Theta_B$ ) liegt diese abgeschreckte Komponente erweicht vor und ihre Tenazität ist sehr verbessert worden.

Ein zweifacher Zyklus dieser Art für den Stahl B ist eine sogenannte „zwischenkritische“ Behandlung, die imstande ist, sehr duktile mikrographische Strukturen zu erzeugen.

Was den abgesetzten Schweißzusatzwerkstoff betrifft, ist dieser gemäß seiner chemischen Analyse den Bestandteilen A oder B ähnlich, und sein Verhalten entspricht dem der einen oder anderen Stahlsorte.

Somit sind dank dieses zweifachen Zyklus bei den Temperaturen  $\Theta_A$  und  $\Theta_B$ , die wesentlichen Ziele der Wärmebehandlung nach dem Verschweißen zugleich bei dem abgesetzten Schweißzusatzwerkstoff und in den beiden miteinander verbundenen Materialien erreicht

Im allgemeinen ist es vorteilhaft, daß wenigstens der erste thermische Zyklus bei  $\Theta_A$  °C eine lokale Behandlung ist, d. h. nur auf das abgesetzte Metall und das beiderseits unmittelbar benachbarte Grundmetall einwirkt. Somit hat die zwischenkritische Behandlung auf das Metall B außerhalb des der Schweißnaht angrenzenden Bereiches keine Wirkung und behält somit seine anfänglichen Eigenschaften.

Die Figur 3 beschreibt eine Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einen Turbinenrotor.

Es handelt sich darum, einen sogenannten „HP-BP“-Rotor durch das Zusammenfügen von zwei Teilen einer unterschiedlichen Stahlsorte A und B zu erstellen. Die eine Wahl erfolgt für seine Eigenschaften bei Hitze (der Hochdruckteil HP) und die andere für seine Eigenschaften bei Kälte (der Tiefdruckteil BP).

Der HP(A)-Teil ist zum Beispiel ein Stahl mit 1 % Cr Mo V, der folgenden Zusammensetzung:

C = 0,23

Ni = 0,6

Cr = 1

Mo = 1

$V = 0,3$

wobei die Temperatur  $AC_1(A)$  für diesen Stahl bei  $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ , die Temperatur  $AC_3(A)$  bei  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  und seine optimale Behandlungstemperatur nach dem Verschweißen  $\Theta_A$  bei  $670\text{ }^{\circ}\text{C}$  liegt.

Seine Grenze für die Dehnungsfestigkeit beträgt  $R_e = 500\text{ MPa}$ , seine Bruchfestigkeit beträgt  $R_m = 650\text{ MPa}$ .

Der Teil BP(B) ist zum Beispiel ein Stahl mit 3% Ni Cr Mo, der die folgende Zusammensetzung aufweist:

$C = 0,23$

$Ni = 3,0$

$Cr = 1,75$

$Mo = 0,5$

$V = 0,1$

seine Temperaturen  $AC_1(B) = 630\text{ }^{\circ}\text{C}$

$AC_3(B) = 810$

$\Theta_B = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$

$R_e = 680\text{ MPa}$

$R_m = 800\text{ MPa}$

Der abgesetzte Schweißzusatzwerkstoff, der in der Figur 3 mit 1 markiert ist von der Art: 2 1/4 Cr 1 Mo, welche nach einer Wärmebehandlung die folgenden Merkmale für Dehnbarkeit und Bruchfestigkeit aufweist:  $R_e = 500\text{ MPa}$

$R_m = 650\text{ MPa}$

Nach dem Zusammenfügen der beiden Teile A und B durch Verschweißen ist die angewendete Wärmebehandlung eine lokale Behandlung, die nur auf die Schweißverbindung 1 und die zur Schweißnaht angrenzenden Bereiche 2 und 3, die in der Figur durch die beiden gestrichelten Linien 4 und 5 abgegrenzt sind, wirkt.

Die auf diesen Bereich angewendete Behandlung ist die folgende:

erster Heizzyklus bei  $\Theta_A = 670\text{ }^{\circ}\text{C}$  für einen Zeitraum von 5 Stunden, dann Abkühlung auf  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zweiter Heizzyklus bei  $\Theta_B = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$  für einen Zeitraum von 5 Stunden, dann Abkühlung.

Der Teil A HP, in seiner Gesamtheit, und das abgesetzte Metall 1 bewahren nach diesem zweifachen Zyklus ihre normalen mechanischen Eigenschaften.

Der Teil B BP, mit dem Bezugszeichen 6, außerhalb des der Schweißnaht 3 angrenzenden Bereiches behält seine ursprünglichen mechanischen Eigenschaften, da die Heizung bei  $\Theta_A = 670^\circ\text{C}$  diesen nicht erreicht.

Schließlich noch der der Schweißnaht 3 angrenzende Bereich des Teiles B: BP ist einer zwischenkritischen Behandlung (entspricht der Figur 2) unterworfen, die ihm eine ausgezeichnete Tenazität und eine sehr gute Duktilität vermittelt. Andererseits werden seine Eigenschaften hinsichtlich der Zugfestigkeit  $R_e$  und  $R_m$  durch diese Behandlung vermindert und fallen auf die folgenden Werte ab:  $R_e = 500 \text{ MPa}$

$$R_m = 650 \text{ MPa}$$

was absolut zulässig ist, da diese Merkmale jene des anderen der Schweißnaht angrenzenden Bereiches 2, neben HP sind, welcher im Betrieb den gleichen Spannungen unterliegt.

Alle Bereiche der zusammengefügten und behandelten Teile haben somit entsprechend dem erfindungsgemäßen zweifachen Zyklus bei den Werten  $\Theta_B$  und  $\Theta_B$  die notwendigen Eigenschaften.

A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zur Wärmebehandlung nach dem Verschweißen von zwei unterschiedlich legierten Stahlteilen, wobei der erste Teil, genannt A, kritische Temperaturen  $AC_1A$  und  $AC_3A$  für die Wärmeumwandlung und eine optimale Temperatur für die Vergütungsbehandlung nach dem Verschweißen  $\Theta_A$ , die unterhalb von  $AC_1A$  liegt, aufweist, und der zweite Teil, genannt B, kritische Temperaturen für die Wärmeumwandlung  $AC_1B$  und  $AC_3B$ , die jeweils unterhalb von  $AC_1A$  und  $AC_3A$  liegen, und eine optimale Temperatur für die Vergütungsbehandlung nach dem Verschweißen  $\Theta_B$ , die unterhalb von  $AC_1B$  und von  $\Theta_A$  liegt, aufweist,

**dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Wärmebehandlungszyklus bei der genannten Temperatur  $\Theta_A$ , gefolgt von einem zweiten thermischen Zyklus bei einer Temperatur  $\Theta_B$  erfolgt, wobei die Temperatur zwischen den beiden Zyklen auf unterhalb von 100°C abfällt.**

2. Verfahren zur Wärmebehandlung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß der genannte erste Wärmebehandlungszyklus bei der Temperatur  $\Theta_A$  die Temperatur  $AC_1B$  übersteigt, wobei die gesamte Behandlung für das Material B folglich eine zwischenkritische Behandlung bildet.**

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens der erste Wärmebehandlungszyklus nur auf den abgesetzten Schweißzusatzwerkstoff (1) und auf die den beiden verschweißten Teilen (A, B) unmittelbar benachbarten Teile (2, 3) wirkt.**

1/1

FIG.1

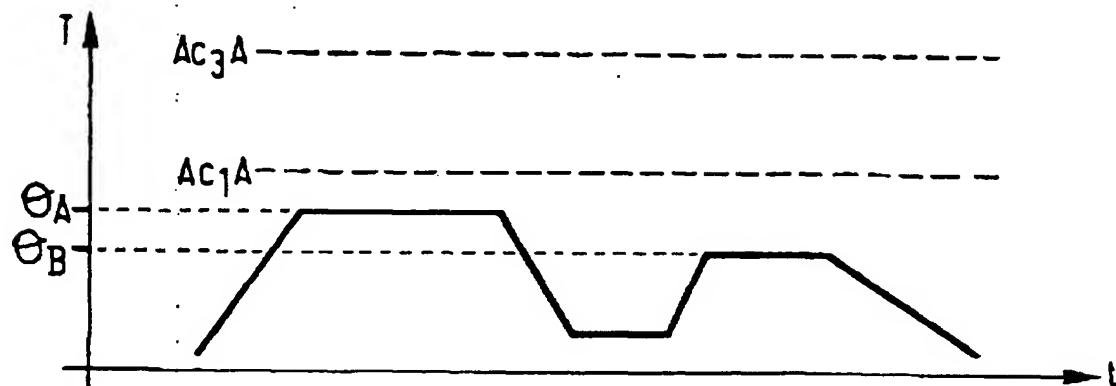


FIG.2

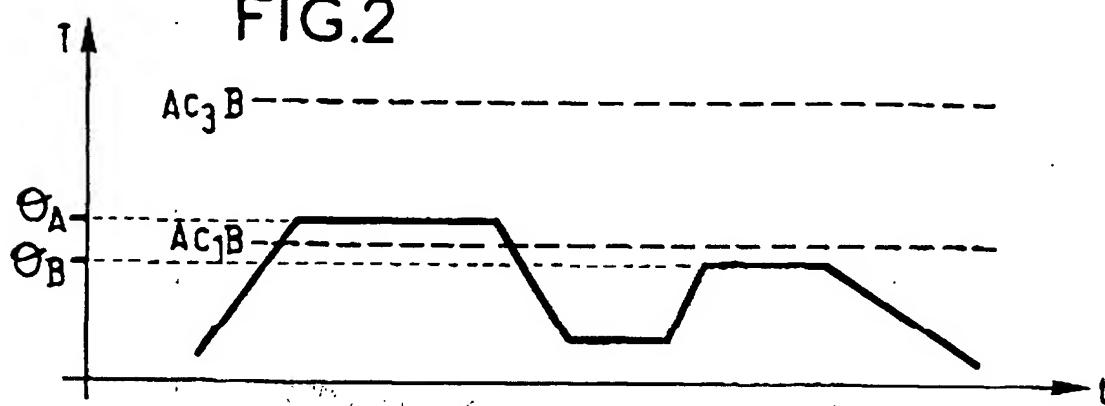
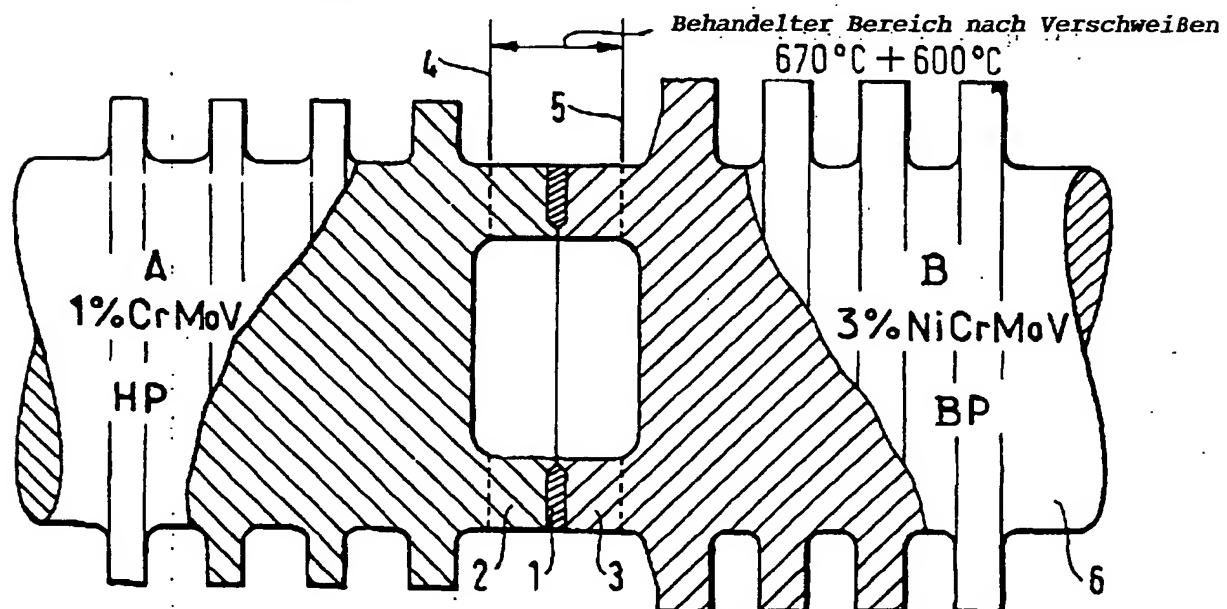


FIG.3



This Page Blank (uspto)